

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年5月23日 (23.05.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/41380 A1

(51) 国際特許分類7: H01L 21/304, 21/66

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/09981

(22) 国際出願日: 2001年11月15日 (15.11.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2000-350151

2000年11月16日 (16.11.2000) JP  
特願2001-280501 2001年9月14日 (14.09.2001) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目4番2号 Tokyo (JP). 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小林 誠 (KOBAYASHI, Makoto) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 松川和人 (MATSKAWA, Kazuhito) [JP/JP]. 山本秀和 (YAMAMOTO, Hidekazu) [JP/JP]. 前島伸六 (MAEJIMA, Shinroku) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 石原詔二 (ISHIHARA, Shoji); 〒170-0013 東京都豊島区東池袋3丁目7番8号 若井ビル302号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(国内): CN, JP, KR, SG, US.

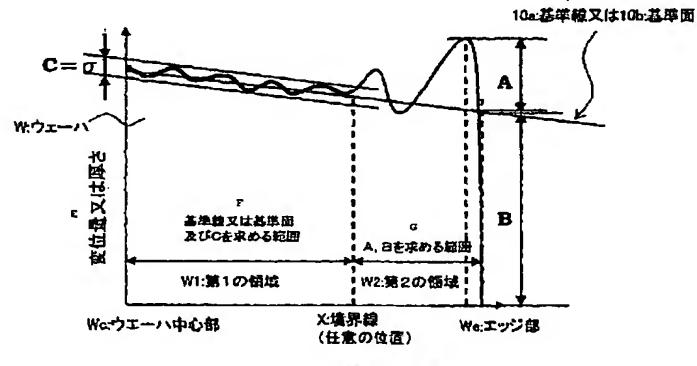
(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

/続葉有/

(54) Title: WAFER SHAPE EVALUATING METHOD AND DEVICE AND DEVICE PRODUCING METHOD, WAFER AND WAFER SELECTING METHOD

(54) 発明の名称: ウエーハの形状評価方法及び装置並びにデバイスの製造方法、ウエーハ及びウエーハの選別方法



W...WAFER  
 E...DISPLACEMENT AMOUNT OR THICKNESS  
 F...REFERENCE LINE OR REFERENCE SURFACE AND C DETERMINING RANGE  
 W1...FIRST AREA  
 Wc...CENTER OF WAFER  
 H...DISTANCE FROM CENTER OF WAFER  
 G...RANGE FOR DETERMINING A, B  
 K2...SECOND AREA  
 X...SECONDARY LINE (ARBITRARY POSITION)  
 We...EDGE PORTION  
 10a...REFERENCE LINE OR  
 10b...REFERENCE SURFACE

(57) Abstract: A wafer shape evaluating method comprising the steps of measuring a wafer shape at specified intervals within a wafer surface, setting a first area (W1) for calculating a reference line or reference surface in a wafer surface according to the measured wafer shape, calculating a reference line (10a) or a reference surface (10b) in the first area (W1), setting a second area (W2) to be evaluated outside the first area, extrapolating the reference line (10a) or the reference surface (10b) up to the second area (W2), and analyzing

WO 02/41380 A1

/続葉有/



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

the difference between the shape of the second area and the reference line or the reference surface in the second area to calculate it as surface characteristics, thereby evaluating the wafer outer periphery portion more correctly than by the conventional SFQR or the like; and a wafer shape evaluating device.

(57) 要約:

ウェーハ面内で所定の間隔をおいてウェーハの形状を測定し、この測定されたウェーハ形状により、基準線又は基準面を算出するための第1の領域（W1）をウェーハ面内に設定し、該第1の領域（W1）における基準線（10a）又は基準面（10b）を算出し、該第1の領域外に評価しようとする第2の領域（W2）を設定し、該基準線（10a）又は基準面（10b）を該第2の領域（W2）まで外挿し、該第2の領域の形状と該第2の領域内における該基準線又は基準面との差を解析し表面特性として算出することにより、従来のSFQR等に比して、ウェーハ外周部をより的確に評価し得るウェーハ形状評価方法及びウェーハ形状評価装置を提供する。

## 明細書

ウェーハの形状評価方法及び装置並びにデバイスの製造方法、ウェーハ及びウェーハの選別方法

5

## 技術分野

本発明はシリコンウェーハに代表されるウェーハの形状評価方法及びウェーハの形状評価装置に関する。また本発明は半導体デバイスの製造方法、特に露光機を用いたデバイス工程での歩留りを向上するウェーハ 10 及びその選別方法に関する。

## 背景技術

従来、半導体基板材料として用いられるシリコンウェーハの製造方法は、一般にチヨクラルスキイ（Czochralski；CZ）法や浮遊帯域溶融 15 （Floating Zone；FZ）法等を使用して単結晶インゴットを製造する結晶成長工程と、この単結晶インゴットをスライスし、少なくとも一主面が鏡面状に加工されるウェーハ加工工程を経る。更に詳しくその工程を示すと、ウェーハ加工工程は、単結晶インゴットをスライスして薄円板状のウェーハを得るスライス工程と、該スライス工程によって得られたウェーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りする面取工程と、このウェーハを平坦化するラッピング工程と、面取り及びラッピングされたウェーハに残留する加工歪みを除去するエッティング工程と、そのウェーハ表面を鏡面化する研磨（ポリッシング）工程と、研磨されたウェーハを洗浄して、これに付着した研磨剤や異物を除去する 20 洗浄工程を有している。上記ウェーハ加工工程は、主な工程を示したもので、他に熱処理工程等の工程が加わったり、工程順が入れ換えられた 25

りする。

近年、半導体デバイス技術の飛躍的な進歩による半導体デバイスの高集積化が著しく、この進歩に伴い、シリコンウェーハ等に対する品質要求もより厳しくなっている。半導体デバイスの製造は、このような単結晶製造工程、ウェーハ加工工程を経た鏡面研磨ウェーハを用い製造されている。デバイス製造工程では、レジストパターンを形成する工程が、通常20回～30回程度行われる。最近では、半導体集積回路の高集積化・高性能化がますます進んでおり、これに伴って回路パターンの一層の微細化が要求されている。DRAM (dynamic random access memory) を例にとると、現在量産が行われている64MビットDRAMでは、0.25μm～0.20μmのレジストパターンが描かれる。その写真製版工程においては、光源として、紫外線であるKrFエキシマレーザ光（波長=248nm）が最も多く利用されている。また、パターンの微細化にともなって、寸法精度、および、重ね合わせ精度についても、その向上が要求されている。この進歩に伴い、デバイスのベースとなるシリコンウェーハ等に対する品質要求もより厳しくなっている。

つまり、半導体デバイスの高集積化は、デバイス寸法の縮小化を招来し、例えば、シリコンウェーハにわずかなうねり等があった場合に、フォトリソグラフィ工程等においてデバイスパターンに誤差が生じてしまうからである。また、ウェーハの有効利用の為、ウェーハ主面の最外周（面取り部分ぎりぎり）まで平坦なウェーハが要求されている。

かかるシリコンウェーハに要求される重要な品質特性の一つとして、シリコンウェーハの形状品質の問題がある。ウェーハの形状品質といつても、直径、厚さ、平行度、平坦度、そり、及びバウ、ワープ等といわれる比較的長周期な凹凸や数mm周期の凹凸であるうねり、表面粗度といった様々なパラメータがあるが、最近では、平坦度の指標として裏面基

準又は表面基準のグローバルフラットネスまたはサイトフラットネスと言われる品質で評価されるケースが多い。

特に平坦度の指標として、裏面基準のグローバルフラットネスは、G B I R (Global Back Ideal Range) と言われ、ウェーハ面内に 1 つの基準面を持ち、この基準面に対する最大、最小の位置変位の幅と定義されるのが普通で、従来からの慣例の仕様である T T V (全厚さ偏差) に相当する。

また、裏面基準のサイトフラットネスは、S B I R (Site Back Ideal Range) と言われ、過去にかなり頻繁に使用された L T V に相当する。ウェーハ裏面を基準面とし、更に各サイトにおいて、サイト中心点を含む平面を焦点平面とした時、サイト内の焦点平面から + 側、 - 側、各々最大変位量の絶対値の和で、各サイト毎に評価される。通常 8 インチウェーハ等ではサイトの大きさが 20 mm × 20 mm 程度の領域で評価される値である。このサイトの大きさは口径又は仕様により変化する。

その他にも表面基準のサイトフラットネスは、S F Q R (Site Front Least Squares Range) と言われ、設定されたサイト内でデータを最小二乗法にて算出したサイト内平面を基準平面とし、この平面からの + 側、 - 側、各々最大変位量の絶対値の和であり各サイト毎に評価される。

更には、ナノトポグラフィーと言われる品質も重要視されている。ナノトポグラフィー (ナノトポロジーとも言われる) は、波長が 0. 1 m m から 20 m m 程度で振幅が数 n m から 100 n m 程度の凹凸のことであり、その評価法としては 1 辺が 0. 1 m m から 10 m m 程度の正方形、または直径が 0. 1 m m から 10 m m 程度の円形のブロック範囲 (この範囲は WINDOW SIZE 等と呼ばれる) の領域で、ウェーハ表面の凹凸の高低差 (P V 値 ; peak to valley) を評価する。この P V 値は Nanotopography Height 等とも呼ばれる。ナノトポグラフィーとして

は、特に評価したウェーハ面内に存在する凹凸の最大値が小さいことが望まれている。通常 10 mm の正方形で複数のブロック範囲を評価しその PV 値の最大値で評価し、この値が 60 nm 以下であれば良品である。

デバイス工程でのデザインルールが 0. 18  $\mu$ m までは、上記のような指標で評価し、その規格を満足するウェーハを製造する事で十分であったが、近年デザインルールが 0. 15  $\mu$ m や更に 0. 13  $\mu$ m 仕様と厳しくなるにつれ、これらの規格を満足しても、実際にデバイス製造で使用した場合、歩留り等の低下が起こる事があった。従って、上記指標以外の因子でウェーハを規定し、厳しいデザインルールでの仕様でも問題とならないウェーハの製造及び評価方法が必要となってきた。

特に、上記のような G B I R や S B I R 、 S F Q R 等ではウェーハ内側部分の平坦度は、精度良く評価するもののウェーハ外周部、特に面取り部とウェーハ主面の境界付近は正確に評価されていない事がある。

例えば、デバイス製造工程では、多くの露光機等の処理装置が用いられ、各装置に用いられているウェーハ保持用のチャックとウェーハの形状の相性が問題になりつつある。このようなチャックのうねりや外周形状とウェーハのうねりと外周形状のマッチングが重要であるが、従来の G B I R や S B I R 、 S F Q R 等の指標では評価できない。

各デバイス製造工程、更に細かくは各処理装置のチャックとの相性等を正確に評価できる指標が必要となってきた。特にデザインルールが厳しい仕様では、ウェーハ外周部の評価をより正確に行う必要がある。

特に、マスクパターン（レチクルパターン）の投影像に対しウェーハを繰り返しステップレ露光するステッパ（ステップ式投影露光機の通称）で使用するウェーハの形状は、 S F Q R 等の指標では必ずしも好ましいウェーハを選別する事ができなかった。スキャンニング式の露光機でも同様である。

## 発明の開示

本発明は、上記事情に鑑みなされたものであって、ウェーハの形状品質を従来の S F Q R 等とは違う観点から評価する事により、ウェーハ外周部をより的確に評価して各デバイス製造工程にあったウェーハを製造し、デバイス製造工程以降の生産効率を高めることが可能なウェーハの形状評価方法及びウェーハの形状評価装置を提供することを目的とする。

更には、上記のような評価方法及び装置を用い S F Q R 等とは違う観点から評価する事により、ウェーハ表面のうねり及びウェーハ外周部をより的確に評価して各デバイス製造工程、特に露光機を用いた工程にあったウェーハを供給し、デバイス製造工程以降の生産効率を高めることが可能なデバイスの製造方法及びウェーハ並びにウェーハの選別方法を提供することを目的とする。

上記課題を解決するため、本発明のウェーハの形状評価方法の第 1 の態様は、ウェーハの面内で所定の間隔をおいてウェーハの形状を測定し、この測定されたウェーハ形状より、基準線又は基準面を算出するための第 1 の領域をウェーハ面内に設定し、該第 1 の領域における基準線又は基準面を算出し、該第 1 の領域外に評価をしようとする第 2 の領域を設定し、該基準線又は基準面を該第 2 の領域まで外挿し、第 2 の領域の形状と該第 2 の領域内における該基準線又は基準面との差を解析し、表面特性として算出することを特徴とする。

上記第 1 の領域の境界線からエッジ部までの範囲に上記第 2 の領域を設け、該第 2 の領域内における任意の複数の位置での形状（実測値）とこれらの位置での上記基準線又は基準面（基準値）との差（実測値－基準値）を解析し、この値の最大値（正の最大変位量又は正の最大厚さ差）を表面特性（ハネ） A として算出することを特徴とする。（なお、

この表面特性（ハネ）AについてはAパラメータと言う事がある。）

上記第1の領域の境界線からエッジ部までの範囲に上記第2の領域を設け、該第2の領域内における任意の複数の位置での形状（実測値）とこれらの位置での上記基準線又は基準面（基準値）との差（実測値－基準値）を解析し、この値の最小値（負の最大値）を表面特性（ダレ）Bとして算出することを特徴とする。（なお、この表面特性（ダレ）BについてはBパラメータと言う事がある。）

本発明のウェーハの形状評価方法の第2の態様は、ウェーハの面内で所定の間隔をおいてウェーハの形状を測定し、この測定されたウェーハ形状より、基準線又は基準面を算出するための第1の領域をウェーハ面内に設定し、第1の領域における基準線又は基準面を算出し、該第1の領域内で、該基準線又は基準面（基準値）と実測値の差（実測値－基準値）を求め、これらの差の標準偏差 $\sigma$ を表面特性（うねり）Cとして算出することを特徴とする。（なお、この表面特性（うねり）CについてはCパラメータと言う事がある。）

ここで、上記ウェーハ面内で所定の間隔で測定するウェーハ形状とは、ウェーハ表面に対して垂直な方向の変位（高さ、粗さ）又はウェーハ厚さである。これはウェーハ表面に対して垂直な方向の変位で評価すると表面基準的な評価ができる。また、ウェーハ厚さで評価すると裏面基準的な評価ができる。

上記ウェーハの中心部よりエッジ部にかけた形状プロファイルを読み込み（つまり、形状プロファイルを求めて）、上記第1の領域内においてウェーハ中心部付近より該第1の領域の境界線までの上記基準線を作成するのが好適である。

上記ウェーハの中心部からエッジ部までの形状プロファイルをウェーハ面内の複数箇所より読み込み、平均した値を用いて表面特性を解析す

るのが好ましい。

上記ウェーハの中心部からエッジ部までの複数箇所より形状プロファイルを読み込み、それぞれの形状プロファイルから表面特性を解析し、解析した複数の表面特性からその平均値を求める事もできる。

5 上記ウェーハの中心部よりエッジ部にかけた広範囲なウェーハ面内のデータを読み込み、このデータより基準面を作成するのが好ましい。

従来、S F Q R 等は 20 mm 角程度の領域（サイト）に区切り、その領域内で基準面を作成し評価することがあったが、これでは狭い領域で基準面を作成している為、面内で平均化してしまい、実際の形状の悪さ  
10 等を正確に評価できない事がある。特にこの評価方法ではウェーハ外周部の形状は正確に評価する事ができなかった。

本発明方法では図 1 に示すようにウェーハ形状の基本的形状から基準線又は基準面を算出するためのグローバル（広範囲）な領域（第 1 の領域）で基準線又は基準面を作成し、その基準線又は基準面をウェーハ外周部等の評価をしようとする領域（第 2 の領域）まで外挿して使用し、その第 2 の領域の表面特性を解析し、又は第 1 の領域内で使用し、その領域の表面特性を解析するものである。この基準線又は基準面と実際の形状との差をとり、最大値をハネ（図 1 の A）、最小値をダレ（図 1 の B）、第 1 の領域の粗さのバラツキ（図 1 の C）をうねりとして評価する。本発明のうねりは従来のうねりとは異なる観点から評価・定量化している。

つまり、本発明方法は、少なくとも従来の S F Q R 等で評価するサイトサイズより大きなエリアであるウェーハの広範囲な特定領域（第 1 の領域）内で基準線又は基準面を作成し、その第 1 の領域内における、又  
25 はその第 1 の領域外の評価をしようとする領域（第 2 の領域）の表面特性を広範囲な特定領域（第 1 の領域）内で決められた基準線又は基準面

を基準にし評価するものである。

評価基準としては、基準面として2次元的にとっても良く、また基準線として直線又は曲線的に取っても良いが、全体的な（グローバルな）ウェーハ形状を代表するような値にすることが必要である。

5 本発明のウェーハの形状評価装置は、ウェーハの面内で所定の間隔を  
おいてウェーハの形状を測定する形状測定手段と、該形状測定手段により測定された形状データを順次入力保存する記憶手段と、該記憶手段よりウェーハの中心部よりエッジ部にかけた形状データを読み込み、ウェーハ中心部より任意の領域での基準線又は基準面を計算し、次いで、該  
10 基準線又は基準面と任意の位置の差を解析し表面特性として算出する表面特性算出手段と、を備えたことを特徴とする。

上記形状測定手段としては、試験台に載置されたウェーハ表面の該試験台表面に対して垂直な方向の変位をウェーハ面内で測定する変位測定手段又はウェーハ保持具に保持されたウェーハの厚さをウェーハ面内で  
15 測定する厚さ測定手段が好ましい。本発明装置は本発明方法の実施に好適に用いられる。

本発明のデバイス製造方法は、ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成するにあたり、上記評価方法及び装置により表面特性（ハネ）Aを算出し、該表面特性（ハネ）Aが150nm以下のウェーハを用いデバイスを製造することを特徴とする。

このように、露光機を用いるデバイスの製造工程ではウェーハの外周部のハネが特に影響し、上記のような評価法で得られた表面特性（ハネ）Aの値が小さい方が好ましい、特にA=150nm以下である形状を有するウェーハを用い、露光機を用いてデバイスを製造すると良い。  
25 このハネ成分が小さければ好ましいがダレ過ぎていても好ましくないので下限としては-20nm程度である。

更に露光機を用いデバイスを形成するにあたり、上記評価方法及び装置により表面特性（ダレ）Bを算出し、該表面特性（ダレ）Bが-300 nm以下、特に-300 nm~-900 nm程度のウェーハを用いデバイスを製造する事が好ましい。

5 露光機で用いるウェーハ形状は外周部にハネがないことが一番重要であるが、更にダレ過ぎていても好ましくない。わずかなダレ程度が好ましい。このように上記のような指標で-300 nm~-900 nm程度、特に-500 nm~-600 nm程度のウェーハであれば、デバイス製造に大変好ましいウェーハである。

10 本発明のウェーハは、該表面特性（ハネ）Aが150 nm以下、該表面特性（ダレ）Bが-300 nm以下であることを特徴とする。

つまり、露光機を用いたデバイス工程で用いるウェーハは、表面特性（ハネ）A、表面特性（ダレ）BがA=150 nm以下、B=-300 nm以下であるウェーハが好ましい。

15 従来のウェーハでは、このような指標で評価されていなかった事から、その多くのウェーハで外周ダレが多かった。例えば上記Aパラメータで負の値（-200 nm以下）及びBパラメータで-700 nm以下のものであった。また、ダレを解消した場合、そのウェーハはハネ形状になり易く、上記Aパラメータで200 nm以上となっていた。

20 なお、通常の研磨では上記品質を満たす事が困難であるため、本発明では、ウェーハの外周部を特に注意して研磨して、上記のようなパラメータの範囲であるウェーハを製造する。

その方法としては、種々考えられるが例えば、ワーク周辺部の研磨速度を調節するためにワークより研磨速度が遅い材質からなるコート膜を、25 周辺部分に形成し研磨する方法や、ワークの保持方法を工夫し、つまりワークの保持盤の大きさを工夫したり、ワーク保持領域の中央部分が硬

質、外周部分が軟質かつ外周部を吸着固定する等して研磨する方法や、ワーク裏面に背面コートを形成させ、この背面コートを介してワークを保持し、ワーク表面を研磨する方法で外周部と中心部で背面コート膜の厚さを変える等して外周部での研磨圧力が変化するようにもしても外周ダ  
5 レが制御できる。

また、1次研磨前のウェーハ径を製品径より大きくし、1次研磨後縮径面取り加工を行うことにより外周部のダレを制御する方法や、研磨ヘッドを工夫し、ワーク周辺部の押圧力を中央部分から独立し制御して研磨する方法、また全く違った技術として研磨後周辺部のみプラズマエッ  
10 チングすることにより外周形状を制御する方法等がある。

しかし上記のようにウェーハの製造方法に注意し研磨しても、必ずしも確実に上記A、Bパラメータを満たすウェーハは製造できない場合が多い。

従って、デバイスを製造する前に製造したウェーハを選別する。つまり、本発明のウェーハの選別方法は、ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成する為のウェーハを選別する方法であって、前記表面特性（ハネ）Aを前記評価方法で評価し、該表面特性（ハネ）Aが150nm以下のウェーハを選択することを特徴とする。

同様に、Bパラメータについても評価し選別する。つまりウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成する為のウェーハを選別する方法であって、表面特性（ダレ）Bを前記評価方法で評価し、該表面特性（ダレ）Bが-300nm以下のウェーハを選択する。

このようにウェーハ加工工程で研磨されたウェーハを選別する事で、よりデバイス工程に好ましいウェーハを得る事ができ歩留りを更に向上  
25 できる。

なお、ナノトポグラフィーといわれるウェーハ表面の微小な凹凸も問

題になりつつある。この品質と同様な情報を、本評価法の表面特性（うねり）Cを用いても評価する事が可能であり、表面特性（うねり）Cを20 nm以下とすれば、良質な表面状態のウェーハとなる。なお、上記表面特性の値は、第1の領域と第2の領域の境界線（任意の位置X）を5 ウェーハ外周部から30 mmの位置に、またウェーハの形状の測定は外周1 mmを除外（面取り部を除く）したデータを用い評価した値である。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明のウェーハの形状評価方法における基準線と第1の領域及び第2の領域との立体的な関係を模式的に示す説明図である。

図2は、本発明のウェーハの形状評価方法における第1の領域と第2の領域とを示す説明図である。

図3は、本発明のウェーハの形状評価方法における1次元的な評価領域の1例を示す説明図である。

図4は、本発明のウェーハの形状評価方法における2次元的な評価領域の1例を示す説明図である。

図5は、本発明のウェーハの形状評価方法における2次元的な評価領域の他の例を示す説明図である。

図6は、本発明のウェーハの形状評価方法に係るウェーハの形状評価装置の要部構成の1例を示す側面的概略説明図である。

図7は、本発明のウェーハの形状評価方法に係るウェーハの形状評価装置の要部構成の他の例を示す側面的概略説明図である。

図8は、本発明のデバイスの製造方法の工程順の1例を示すフローチャートである。

図9は、実施例1の種々の製造工程における表面特性Aの評価結果を示すグラフである。

## 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係るウェーハの形状評価方法及びこの方法を実施する装置の実施の形態を添付図面を参照して詳細に説明する。

5 ウェーハWの形状の模式図を図2に示す。一般にウェーハWの外周部にはウェーハWのカケ等を防止するため面取りが施され、面取り部Wmが形成されている。通常この面取り部分Wmのウェーハ形状は無視され評価されるものであり、測定対象外となっている。

また、形状評価は、ウェーハWの主面Wnの面取り部分Wmより3m  
10 m、又は2mm程度除外した領域で評価される事が多い。しかし、近年、  
1mm又はウェーハ主面と面取りの境界ぎりぎりまで評価が要望される  
こともある。測定精度等を考慮に入れると現状では面取り部分Wmより  
1mm除外した領域で評価することが好ましい。

15 ウェーハWの表面の厚さ変位を模式的に示したものが図1である。本  
発明方法によるウェーハの形状評価は、周辺10mm（面取り部分より  
10mm）程度の領域におこりやすいハネやダレを定量化することが主  
な目的である。

20 本発明のウェーハの形状評価方法においては、図1に示すように、ウェーハWの基本的形状からウェーハ面内の基準線又は基準面を算出する  
ための広範囲な領域（第1の領域）W1内で基準線10a又は基準面10bを作成し、その基準線10a又は基準面10bをウェーハ外周部の  
評価をしようとする領域（第2の領域）W2まで外挿して使用し、その  
第2の領域W2の表面特性を解析し、又は第1の領域W1内で使用し、  
その領域W2又はW1の表面特性を解析する。

25 この基準線10a又は基準面10bと実際の形状の差をとり、最大値  
をハネA、最小値をダレB、第1の領域W1の粗さのバラツキCをうね

りとして評価する。なお、図1において、 $W_c$ はウェーハ中心部、 $W_e$ はウェーハエッジ部、 $X$ は第1の領域 $W_1$ と第2の領域 $W_2$ との境界線で、任意の位置に形成される。

基準線を作成しウェーハ $W$ の形状評価を行う方法としては、所定の間隔でウェーハ形状を測定し、前記測定された形状を順次記憶し、この記憶された形状より、図3に示すようなウェーハ $W$ の中心部 $W_c$ よりエッジ部 $W_e$ にかけた形状プロファイルを読み込み、中心部より（ウェーハ径方向の）任意の位置に設けられる第1の領域 $W_1$ の境界線 $X$ までの基準線を計算し、次いで、（ウェーハ厚さ方向の）任意の位置での形状とこの位置での基準線 $10a$ の値の差を解析し、表面特性として算出する。

基準線は、ウェーハ $W$ の中央部の形状を最も反映するような直線又は曲線で近似すれば良いが、通常、ウェーハ $W$ の中央部分は、たいへん高平坦度に研磨されているため、直線で近似すれば十分である。

ここで、第1の領域 $W_1$ と第2の領域 $W_2$ の境界線となる任意の位置 $X$ は、ウェーハ $W$ の径方向の任意の位置で、ウェーハの外周ダレやハネの起こっていない範囲（なるべく広範囲）に設定する事が好ましい。例えば、通常ダレ等はウェーハ外周部10mm程度から外側で起こるので、任意の位置（境界線） $X$ はウェーハ外周より30mm程度に設定するとよい。8インチウェーハ（直径200mm）であれば中心部より70mmの位置、12インチウェーハ（直径300mm）であれば中心部より120mmの位置で基準線や基準面を作成すれば良い。但し、この設定位置はウェーハのサイズ等により任意に変更し、ウェーハ品質をもっとも的確に評価できる値に設定する。

基準線を作成し評価する具体的な表面特性を算出する方法としては、ウェーハ $W$ の中心部 $W_c$ よりエッジ部 $W_e$ にかけた形状プロファイルを読み込み、中心部 $W_c$ より任意の位置 $X$ までの基準線を計算し、次いで、

任意の位置 X からエッジ部  $W_e$  までの範囲で任意の位置での形状（実測値）とこの位置での基準線（基準値）との差〔任意の位置形状（実測値）－任意の位置での基準線（基準値）〕を解析し、この値の最大値（通常、正の最大変位量又は最大厚さ差）を表面特性（ハネ） A として  
5 算出する。この表面特性 A は、ウェーハ外周部の撥ね上がり形状を定量的に示すものである。

また、ウェーハ  $W$  の中心部  $W_c$  よりエッジ部  $W_e$  にかけた形状プロファイルを読み込み、中心部より任意の位置 X までの基準線を計算し、次いで、任意の位置 X からエッジ部  $W_e$  までの範囲で任意の位置での形状（実測値）とこの位置での基準線（基準値）との差〔任意の位置形状（実測値）－任意の位置での基準線（基準値）〕を解析し、この値の最小値（通常、負の最大値）を表面特性（ダレ） B として算出する。この表面特性 B は、ウェーハ外周部のダレ形状を定量的に示すものである。

更に、ウェーハの中心部  $W_c$  よりエッジ部  $W_e$ （面取り部  $W_m$  は除く）にかけた形状プロファイルを読み込み、中心部より任意の位置 X までの基準線を計算し、次いで、該基準線（基準値）とウェーハ中心部より任意の位置 X までの形状（実測値）の差を求め、このバラツキを表面特性（うねり） C として算出する。この表面特性 C は、ウェーハ中央部のうねり形状や平坦度を定量的に示すものである。

20 1 次元的な解析でウェーハ全体の評価をするのであれば、図 3 の点線で示すように複数箇所の放射状の測定位置を対象とし、これらのウェーハ中心部  $W_c$  からエッジ部  $W_e$  まで（面取り部  $W_m$  は除く）の形状プロファイルをウェーハ面内の前記複数箇所より読み込み平均した値で表面特性を解析してもよい。つまり、ウェーハ面内の複数の形状プロファイルを読み込み、これらの形状プロファイルの平均値（平均形状プロファイル）を予め求め、その平均形状プロファイルから表面特性を解析して  
25

も良い。またウェーハ中心部  $W_c$  からエッジ部  $W_e$  までの形状プロファイルから表面特性を解析してから、その値の平均値を求めてよい。このような評価の仕方により、ウェーハのテーパ成分等の余計なノイズを除去する事もできる。ウェーハ面内で 400 本程度 (1° 間隔程度) で 5 放射状に形状プロファイルを解析するとウェーハ全面の情報がより正確に評価できる。

基準面  $10b$  を作成しウェーハの形状を評価する方法としては、図 4 に示すようなウェーハ  $W$  の全面を 4 分割程度の領域に分解し、各領域毎にウェーハ中央部の広範囲な第 1 の領域  $W_{1a}$ 、 $W_{1b}$ 、 $W_{1c}$ 、 $W_{1d}$  (四角でも扇状でもなんでもよい) で基準面を作成し、この基準面と任意の面 (評価をしようとする第 2 の領域  $W_{2a}$ 、 $W_{2b}$ 、 $W_{2c}$ 、 $W_{2d}$ 、四角でも外周全体でもよく、形状は問わない) との形状の差を解析し、表面特性として算出する。図 4 では様々な領域の取り方 (4 パターン) について例示した。また、4 分割以外に、図 5 に示すような短冊状の領域に区切って第 1 の領域  $W_1$  及び第 2 の領域  $W_2$  を設け、形状の差を解析し、表面形状を評価しても良い。

基準線  $10a$  での解析と同様に基準面  $10b$  を作成し評価する場合でも、ウェーハ  $W$  の中心部  $W_c$  よりエッジ部  $W_e$  にかけた広範囲な第 1 の領域のデータを読み込み、中心部より任意のエリアまでの基準面を計算 20 し、次いで、ウェーハ  $W$  の外周部の評価をしようとする第 2 の領域で前記基準面  $10b$  との差 (任意の位置形状 - 任意の位置での基準面) を解析し、この値の最大値 (通常、正の最大変位量又は最大厚さ差) を表面特性 (ハネ)  $A$  として算出する。同様に第 2 の領域の最小値 (通常、負の最大値) を表面特性 (ダレ)  $B$  として算出する。更に、ウェーハ中央 25 部の広範囲な第 1 の領域での粗さの基準面からのバラツキを表面特性 (うねり)  $C$  として算出する。

ウェーハ面内における所定の測定間隔は、1mm間隔以内であること  
が好ましい。0mmを越える間隔であることは当然であるが、できるだけ細かい間隔で評価する事でより正確な形状を定量化できる。

この表面特性を利用することによって、従来のウェーハの形状評価よりもより確実な評価をすることが可能となることとなって、次工程以降の歩留り向上が図れる。

続いて、上記した解析を行うための評価装置について説明する。図6は、本発明に係るウェーハの形状評価装置の第1の実施形態の要部構成を示す概略説明図である。図6に示したウェーハの形状評価装置20は、  
10 ウェーハWの表面の変位量を測定し、解析する装置であって、試験台22と、レーザー発振器や自動焦点機構を備えた変位計24からなる変位測定手段26及びコンピュータ28等により構成され、予め校正された基準点からの距離のずれを変位として光学的に測定する。図6の実施形態の場合は、変位測定手段26が形状測定手段として作用する。

15 前記試験台22は、被測定対象物であるシリコンウェーハWを載せる台である。変位計24は前記試験台22に載置されたシリコンウェーハWの表面に所定の間隔でレーザー光を照射させる装置であり、レーザー光としては、例えば、HeNeレーザー等を用いる。該変位計24は、自動焦点機構（図示省略）を備えており、この自動焦点機構は、例えば、  
20 CCD（Charge Coupled Device）カメラ（図示省略）、自動焦点回路（図示省略）等を備え、レーザー発振器により照射されたレーザー光のシリコンウェーハからの反射像の焦点を自動的に合わせることが出来るようになっている。

前記変位計24は、前記自動焦点機構によって焦点を合わせたときの基準点からの変位を変位として測定し、前記コンピュータ28に入力する。

前記コンピュータ28は、CPU (Central Processing Unit) 、RAM (Random Access Memory) 、ROM (Read Only Memory) 等を備えている。そして、前記コンピュータ28は、前記変位計24から出力された変位データを入力し、RAMを作業領域として、ROMに内蔵された所定の解析プログラムを読み出して入力された前記変位データから本発明の品質である表面特性A、B、CをCPUにて算出する。この表面特性は、特にウェーハ外周部を評価するパラメータである。

つまり、上記コンピュータ28は、上記変位測定手段（形状測定手段）26により測定された形状データを順次入力保存する記憶手段と、該記憶手段よりウェーハWの中心部よりエッジ部にかけた形状データを読み込み、中心部より任意の領域での基準線又は基準面を計算し、次いで、該基準線又は基準面と任意の位置の差を解析し表面特性として算出する表面特性算出手段と、を備えている。

図7は、本発明に係るウェーハの形状評価装置の第2の実施の形態の要部構成を示す概略説明図である。ウェーハの表面形状評価装置の別の態様として、ウェーハ表面の変位量ではなく、静電容量式のフラットネス測定器により厚さを測定しても良い。静電容量式のフラットネス測定器は、図7に示すように、ウェーハWを挟むように上下2本の静電容量型センサー32a、32bからなる厚さ計32を備えた厚さ測定手段34として用いられ、それぞれのセンサー32a、32bとウェーハWの上下面の各々の距離を測定する事により厚さを測定する。静電容量式のフラットネス測定器としては、市販の非接触ウェーハ厚み、平坦度、BOW/WARP測定装置、例えばADE社製ウルトラゲージ9900等が使用できる。

図7に示したウェーハの形状評価装置30は、ウェーハWを保持するウェーハ保持具36と、上記厚さ測定手段34及びコンピュータ28か

ら構成され、ウェーハWの厚さを測定する。図7の実施形態の場合は、厚さ測定手段34が形状測定手段として機能する。

このように、ウェーハWの形状（凹凸）を細かく精度良く評価できる評価装置であれば特に限定することなく使用する事ができる。

5 以上のように測定した変位または厚さを基に表面特性A, B, Cを評価する。具体的に基準線又は基準面は、基準を作成すべき領域全点のデータを用い、最小二乗法等にて算出された線又は面である。従って、データをサンプリングする間隔は細かければ細かいほど好ましい。具体的には、1mm以下が適正範囲である。

10 次に、上記した本発明のウェーハの形状評価装置により実際に算出した表面特性A, B, Cを用いた形状評価について説明する。図1は、所定のウェーハにおける表面特性A, B, Cの値と、このときの切断面の形状プロファイルを示した図である。表面特性算出手段である解析プログラムはこの表面特性A, B, Cを求める算出式がプログラミングされ  
15 ているソフトウェアである。

解析プログラムでは、表面特性Aとして、鏡面研磨したシリコンウェーハの中心部からエッジ部方向に向け任意の（約1mm）間隔で前記シリコンウェーハの厚さデータを読み込み、次いで、この厚さを用い、広範囲な第1の領域で基準線（又は基準面）を最小二乗法により作成し、  
20 その基準線（基準値）と評価をしようとする第2の領域内での形状（実測値）の差（実測値-基準値）を算出し、そのエリア内での最大値を解析する。

表面特性Bは、鏡面研磨したシリコンウェーハの中心部からエッジ部方向に向け任意の（約1mm）間隔で前記シリコンウェーハの厚さデータを読み込み、次いで、この厚さを用い、広範囲な第1の領域で基準線（又は基準面）を最小二乗法により作成し、その基準線（基準値）と評  
25

価をしようとする第2の領域内での形状（実測値）の差（実測値－基準値）を算出し、そのエリア内での最小値を解析する。

表面特性Cは、鏡面研磨したシリコンウェーハの中心部からエッジ部方向に向け任意（約1mm）の間隔で前記シリコンウェーハの厚さデータを読み込み、次いで、この厚さを用い、広範囲な第1の領域で基準線（又は基準面）を最小二乗法により作成し、この第1の領域での基準線（基準値）と実測値の差（実測値－基準値）の標準偏差を解析する。

以上説明した本発明に係るウェーハの形状評価装置によれば、レーザー光を用いて測定した変位、または静電容量式厚さ測定器で測定した厚さデータをコンピュータに読み込み、解析することによって表面特性A, B, Cを算出する。

上述したように、本発明によれば、従来のS F Q R等とは違った観点からウェーハの表面形状、特にウェーハ外周部を一定の基準で確実に判定することが出来る。また、従来のウェーハの形状評価よりもより有効な情報を評価することができる事となって、デバイス製造工程等次工程以降の歩留り向上も図れる。また、この表面特性は種々の実験データの解析用パラメータとしても活用出来る。

なお、シリコンウェーハの形状を評価する際には、上記した表面特性A, B, Cの他、従来のS F Q R等の平坦度、表面粗さといった他の評価パラメータと組み合わせることにより、より完全なシリコンウェーハの形状評価が出来る。

以下、本発明に係るデバイスの製造方法について添付図面中、図8を参照して詳細に説明する。図8は本発明のデバイスの製造方法の工程順の1例を示すフローチャートである。同図に示されるごとく、本発明のデバイスの製造方法は、大略的に言えば、単結晶製造工程100、ウェーハ加工工程102、ウェーハ選別工程104及びデバイス製造工程1

06 から構成されている。

上記した半導体集積回路のデバイス製造工程 106 では、シリコンウェーハ等の半導体基板（未処理の半導体基板だけでなく、半導体プロセスの中途中にあって加工、処理がすでに施されているものをも含む）に対して、例えは、エッチングあるいはイオン注入等、様々な処理が選択的に施される。

このとき、処理が施される下地層としてのシリコンウェーハ等を選択的に保護するために、紫外線、X線、電子線等の放射線に対して感性を有する組成物、いわゆる感光性レジスト（以下、「レジスト」と称する）の被膜が、基板の上に形成された後、上記放射線を用いて露光（可視光だけでなく、紫外線、電子線等の放射線に曝すことを広く意味する）を行うことにより、パターンニングされる。すなわち、写真製版工程を通じて、レジストパターンが半導体基板の上に形成される。

最も一般的に用いられているレジストパターンの形成方法は、水銀ランプの g 線（波長 = 436 nm）、i 線（波長 = 365 nm）、あるいは、KrF エキシマレーザ（波長 = 248 nm）を光源とし、縮小投影露光機（ステッパ）を用いて、露光を行う方法である。このとき、ステッパにはフォトマスクが装着された上で、露光が行われる。フォトマスクは、レチクルとも称され、ガラス基板の上にクロム（Cr）等の遮蔽膜で、転写すべきパターン（例えは、配線パターン）が、マスクパターンとして描かれたものである。露光の際には、フォトマスクと、既に形成されている半導体基板上の回路パターンとの間で、精密な位置合わせ（重ね合わせ）が行われる。

フォトマスクに描かれたマスクパターンが、光源が発する光（可視光だけでなく、紫外線等も含めて「光」と記載する）により投影され、さらに、投影光線がステッパに備わるレンズを通過する。それによって、

マスクパターンが、半導体基板上に塗布されたレジストの上に縮小されて転写される。その後、レジストに対して現像処理が施されることによって、レジストパターンが形成される。レジストにはポジ型とネガ型とがある。ポジ型は被照射部分が現像液に溶解し、未照射部分が溶解しないレジストであり、ネガ型は照射部分が現像液に溶解せず、未照射部分が溶解するレジストである。

このデバイス製造工程 106 では、レジストパターンを形成する工程が、通常 20 回～30 回程度行われる。但し、デバイス製造工程 106 については特に上記例に限定されるものではない。

10 本発明のデバイス製造方法では、このような露光機を用いたデバイス製造工程 106 で使用されるウェーハを規定したもので、前記したような評価方法で表面特性（ハネ）A を算出し、その値が 150 nm 以下のウェーハを用いデバイスを製造する。

15 露光機を用いるデバイスの製造工程ではウェーハの外周部のハネが特に影響し、上記のような評価法で得られた表面特性（ハネ）A の値が小さい方が好ましい、特に  $A = 150 \text{ nm}$  以下である形状を有するウェーハを用い、露光機を用いデバイスを製造すると良い。

20 更に表面特性（ダレ）B 値が  $-300 \text{ nm}$  以下、特に  $-300 \text{ nm} \sim -900 \text{ nm}$ 、更に好ましくは  $-500 \text{ nm} \sim -600 \text{ nm}$  に制御されたウェーハを用いる事でデバイス製造の歩留りが向上する。露光機で用いるウェーハ形状は外周部にハネがないことが最も重要であるが、更にダレ過ぎていても好ましくない。わずかなダレ程度が好ましい。上記のような指標で  $-300 \text{ nm} \sim -900 \text{ nm}$  程度のウェーハであれば、デバイス製造に大変好ましいウェーハである。

25 ウェーハの製造方法は特に限定するものではないが、ウェーハの外周部の形状に注意しウェーハ加工する。

具体的なシリコンウェーハの加工方法の一例を示す。先ずチヨクラルスキー (Czochralski; CZ) 法等を使用して単結晶インゴットを製造する (単結晶製造工程 100)。この単結晶インゴットをスライスし、少なくとも一主面が鏡面状に加工される。更に詳しくウェーハ加工工程 5 102 を示すと、ウェーハの加工工程 102 では内周刃、ワイヤーソー等により単結晶インゴットをスライスして薄円板状のウェーハを得るスライス工程と、該スライス工程によって得られたウェーハの割れ、欠けを防止するためにその外周部を面取りする面取り工程、このウェーハを平坦化するラッピングや平面研削工程、ウェーハに残留する加工歪みを 10 除去するエッチング工程、そのウェーハ表面を鏡面化する研磨 (ポリッシング) 工程、研磨されたウェーハを洗浄して、これに付着した研磨剤や異物を除去する洗浄工程等を有している。上記ウェーハ加工工程 102 は、主な工程を示したもので、他に熱処理工程等の工程が加わったり、工程順が入れ換えられたり、同じ工程を複数段実施する事もある。

15 このような、一連のウェーハ加工工程の中で種々の工程についてはどういう方法でも良いが、最終的に得られるウェーハの形状に注意する。従って、特に研磨工程における研磨条件を注意し理想的なウェーハを得る。研磨工程でも種々の加工方法が可能であるが、ウェーハ外周部にかかる圧力や研磨速度を制御し研磨し、ウェーハの形状、特に外周部の形 20 状を制御する。なお、このようなウェーハ加工工程に限るものではなく、本発明で示した評価法で、A, B パラメータが本発明範囲に入る製造方法であれば特に限定されない。

25 このようにすることで、ウェーハの外周ダレが少なく A, B パラメータが  $A = 150 \text{ nm} \sim -20 \text{ nm}$ ,  $B = -300 \text{ nm} \sim -900 \text{ nm}$  程度のウェーハが高い確率で製造できる。なお、上記表面特性の値は、第 1 の領域と第 2 の領域の境界線 (任意の位置 X) をウェーハ外周部から

30 mm の位置に、またウェーハの形状の測定は外周 1 mm を除外（面取り部を除く）したデータを用い評価した値である。

但し、必ずしも上記範囲のウェーハが得られる訳ではないので、本発明のデバイス製造工程 106 に用いるウェーハについて上記の様な評価 5 を行い、ウェーハ選別工程 104 において更にウェーハを選別する。

つまり、図 8 に示すように、本発明のデバイスの製造方法においては、インゴットを製造する単結晶製造工程 100 、鏡面研磨ウェーハを得るためのウェーハ加工工程 102 を経た後に、A, B, C パラメータによるウェーハの選別工程 104 を実施し、その後デバイス製造工程 106 10 においてデバイスの製造を行う。なお、本発明の評価方法では、任意の位置 X 及びウェーハ形状の測定領域をどこに設定するかで値が変化することもある。露光機を用いたデバイス工程に用いるウェーハ並びにウェーハの選別には、本発明評価方法の任意の位置 X をウェーハ外周部から 30 mm の位置に、またウェーハの形状の測定は外周 1 mm を除外（面 15 取り部を除く）したデータを用い評価すると安定した評価が行えた。しかし現状のウェーハは高平坦度であり任意の位置 X が若干ズレてもそれほど値は変化しない。但し、ウェーハ外周部から 10 mm 程度に設定すると得られる値が大きく変化する事が多いので 20 mm 程度から中心側に設定した方が好ましい。また、これらはウェーハの直径が異なっても 20 同様であった。ウェーハの直径が異なっても任意の位置 X はウェーハ外周部から 30 mm 程度の位置に設定することが好ましい。

#### 実施例

以下に実施例をあげて本発明をさらに具体的に説明するが、この実施例は例示的に示されるもので限定的に解釈されるものでないことはいう 25 までもない。

（実施例 1）

本発明の評価方法で種々の製造工程（6種類）で製造した8インチ鏡面研磨ウェーハ（直径200mmのウェーハ、外周0.5mmは面取り部）を評価した。

6種類のウェーハ加工工程（工程S1～S6）は、エッチング工程及び平面研削工程等の工程の条件を変更したものである。デバイス工程での歩留りについては、上記製造工程でS5>S6>S1>S4>S2>S3の順でS5が最も良くS3のウェーハ加工工程で製造したウェーハが最も悪かった。

上記デバイス製造工程の歩留りを良くするには、どのような形状が好みのかを本発明の評価方法を利用し評価した。解析は、基準線を作成しウェーハの形状評価を行う方法を利用した。ウェーハ面内で400本の形状プロファイルを解析した。

それぞれの解析は、0.95mmの間隔でウェーハ全面（面取り部である外周0.5mm除く）のウェーハ厚さを測定し、前記測定されたウェーハ厚さを順次記憶し、この記憶された形状より、図1に示すようなウェーハの中心部よりエッジ部（中心部より98.5mm）までの形状プロファイルを読み込み、中心部より（ウェーハ径方向の）任意の位置X（70mm）までの値を用い、最小二乗法で基準線を計算し、次いで、任意の位置での厚さとその位置での基準線の値（仮想的な厚さ）の差を解析し表面特性として算出した。つまり、表面特性A、Bは70mm～98.5mmの評価をしようとする第2の領域での最大値及び最小値である。表面特性Cは中心部から70mmまでの広範囲な第1の領域でのバラツキである。

評価した結果を表1及び図9に示す。これらは、ウェーハ中心部からエッジ部までの形状プロファイルそれぞれで、はじめに表面特性を算出し、その後、放射状に評価した400本の表面特性の平均値を求めたも

のである。

表 1

製造工程	表面特性A (ハネ) ( $\mu\text{m}$ )	表面特性B (ダレ) ( $\mu\text{m}$ )	表面特性 A-B ( $\mu\text{m}$ )	表面特性C (ウネリ) ( $\mu\text{m}$ )	歩留り順位 (良い方から)
S1	0.0089	-0.5377	0.5466	0.0060	3
S2	-0.0215	-0.8108	0.7893	0.0118	5
S3	0.3791	-0.2452	0.6244	0.0205	6
S4	0.1519	-0.5161	0.6679	0.0213	4
S5	0.1367	-0.5947	0.7314	0.0198	1
S6	0.0850	-0.8287	0.8937	0.0158	2

表 1 を見ると歩留りの悪い S 3 で製造したウェーハは、ダレ成分（本発明評価方法の表面特性 B）は小さく良好なもの、表 1 及び図 9 に示すようにハネ成分（本発明評価方法の表面特性 A）が他の製造方法で製造したウェーハに比べ著しく悪かった。このように本発明評価方法では、より正確にウェーハの品質を評価している事がわかる。

このデバイス製造工程ではウェーハ形状のダレよりもハネに影響されやすく、ハネのないウェーハを使用すると歩留りを向上できる事がわかる。また、この実施例では、表 1 に示した製造工程 S 5 程度のダレ及びハネの値を持つウェーハが好ましい事がわかる。

このデバイス工程は露光機を用いた工程であり、露光機を用いたデバイス製造工程に好ましいウェーハとしては、表 1 より、ハネ成分のないもので A パラメータが  $0.150 \mu\text{m}$  ( $150 \text{ nm}$ ) 以下のものである。0 以下であるとハネ成分というより実際はダレの大きな形状になってし

まうので、好ましくは-20 nm～150 nmである。BパラメータはAパラメータより露光機の歩留りに対し大きく影響しないが、歩留りを良くするには、Aパラメータが0. 150  $\mu$ m (150 nm) 以下で更にBパラメータが-300 nm～-900 nm、特に-500 nm～-600 nm程度が好ましい。Cパラメータについては、20 nm以下が好ましい。この傾向は様々な露光機において同様であった。

各デバイス製造工程（更には各処理装置）において、本発明評価方法により最適なダレやハネの範囲を規定する事によりデバイス製造工程毎に好ましいウェーハを製造する事ができる。

10 なお、本発明の評価方法は上記実施例1に限定されるものではない。例えば、基準線又は基準面を作成する場合、ウェーハ中心部から任意の位置Xまでの範囲のデータで計算しているが、これは必ずしも中心部からの位置でなくても良い。中心部からのデータを用いる方がより正確であるが、通常、ウェーハの中央部分は、たいへん高平坦度に研磨されて15 いるため、中心部からある程度ずれていてもよい。

例えば、8インチウェーハ等では、中心部より23 mm～98. 5 mmの変位や厚さを測定し、中心部から23 mmの位置を始点とし、それから（任意の位置）70 mm（ウェーハ外周部から30 mm）の形状プロファイルで、基準線又は基準面を作成してもほぼ同じ結果が得られた。

20 また、上記実施例1では表面特性Aに主に違いが見られたが、表1に示すように表面特性BやC及び表面特性Aと表面特性Bの差等を求めウェーハ形状の評価をしたり、これら評価された指標を適宜組み合せウェーハを評価する事でより正確にウェーハの形状を評価できる。鏡面研磨ウェーハを評価することが最も重要であるが、評価対象ウェーハは、鏡面研磨ウェーハに限らず、ラッピング後又はエッチング後、平面研削後等のウェーハ等でも可能である。

## (実施例 2)

次に、表 1 から得られた知見を更に確認するために、A, B, C パラメータを制御しつつウェーハを製造し、更に本発明の評価方法によりウェーハを選別して、一定の範囲のウェーハを準備した。評価方法は実施 5 例 1 と同様である。

つまりウェーハ外周部を制御しながら研磨し、A パラメータが  $-20 \text{ nm} \sim 150 \text{ nm}$ 、更に B パラメータが  $-300 \text{ nm} \sim -900 \text{ nm}$  のウェーハを準備し、このウェーハを用いデバイスを製造した。デバイス工程は、様々な工程があるが露光機、特にステッパーを用いた工程で実施 10 した。

ウェーハは先の評価方法で評価した時に、A パラメータが  $80 \text{ nm} \sim 150 \text{ nm}$  で、B パラメータは  $-400 \text{ nm} \sim -700 \text{ nm}$  であるウェーハ（ウェーハ群 WS 1）及び、A パラメータが  $-20 \text{ nm} \sim 80 \text{ nm}$ 、B パラメータが  $-300 \text{ nm} \sim -800 \text{ nm}$  であるウェーハ（ウェーハ 15 群 WS 2）を用いた。A パラメータについてはどちらも  $150 \text{ nm}$  以下であった。なお、C パラメータはすべて  $20 \text{ nm}$  以下のウェーハである。

以下にステッパーを用いたデバイス製造工程、特にレジストパターン形成工程での製造方法を示す。この例では、まず本発明で選別したウェーハ上に市販のポジ型レジスト  $500 \text{ nm}$  程度の厚さとなるように塗布し、 20 その後、  $100^\circ\text{C}$  で 90 秒間のプリベーキングが行われる。それにより液体のポジ型レジストが固化される。

つぎに、様々なピッチのパターン（例えば、配線パターン）が描かれたレチクル（フォトマスク）を、 KrF エキシマレーザ（波長 =  $248 \text{ nm}$ ）を光源とするステッパーへ装着することにより、露光が行われる。 25 その結果、レチクルに描かれたパターンが、ポジ型レジストへ転写される。

つづいて、110°Cで90秒間、P E B (露光後のベーキング；Post Exposure Baking) が行われた後、テトラ・メチル・アンモニウム・ヒドロキシド (TMAH) の2.38重量%水溶液を用いて、60秒間の現像が行われる。その結果、レチクルに描かれたパターンに対応5したレジストパターンが得られる。このようにステップを用いたデバイスの製造を行った。

ステップを用いたデバイス工程の歩留りとして、レジストパターンのズレ (露光不良) により評価した。パターンズレのあるウェーハを不良品とし歩留りを計算した。ウェーハは100枚評価した。

10 その結果、WS1のウェーハの歩留りは99%であった。それに比べ、WS2のウェーハは若干歩留りは低下し、95%であった。従来より遙かに歩留りは良かった。

(比較例1)

15 ウェーハ (ウェーハ群) WS3として、Aパラメータが150nm～400nm、Bパラメータは-200nm～-800nm、Cパラメータは20nm以下のウェーハについて、実施例2と同様にデバイスを製造し、その歩留りを確認した。

20 その結果、ウェーハWS1、WS2に比べ、歩留りが52%と著しく悪くなった。特にウェーハ外周部にパターンズレが多く発生していた。このように特にパラメータA (ハネ成分) が大きいウェーハではデバイス工程の歩留りが悪い事がわかる。

25 ちなみに、従来からあるウェーハの製造及びA、Bパラメータによる選別を行わずにデバイスを製造した場合の歩留りは70%程度である。本発明の規格内に入るウェーハを用いる事により歩留りが大きく向上している事がわかる。

このようにステップを用いたデバイス製造工程ではウェーハ形状のダ

れよりもハネに影響されやすく、ハネのないウェーハを使用すると歩留りを向上できる事がわかる。

ウェーハ表面のうねり成分であるCパラメータは、ナノトポグラフィーと大きく関連し20nm以下であると良質な表面状態であった。

5

### 産業上の利用可能性

本発明の代表的な効果について説明すれば、変位又は厚さ測定手段によって所定の間隔で測定された変位又は厚さは、表面特性算出手段によって、従来のS F Q R等の平坦度を示す指標よりより正確にウェーハ形状を規定できる。特にハネやダレといったウェーハ外周部の形状を定量的に評価することが出来ることとなって、一定した基準で確実に判定することが出来る。

本発明の評価方法では、今まで的確に評価できなかった品質、特にウェーハ外周部の品質が定量的に評価でき、リソグラフィーやCMPに最適なウェーハ形状を規定することができる。

本発明の方法によって得られる表面特性を利用することによって、従来のウェーハの形状評価よりもより確実な評価をすることが出来ることとなって、次工程以降の歩留り向上が図れる。また、これらデータの蓄積によって、製造工程の能力等が容易に把握することが出来ることとなって、安定したウェーハの供給を行うことが出来る。

特に、露光機を用いたデバイス工程では、A, B, Cパラメータが一定の規格内に入っていればデバイス工程での歩留りを大きく向上できることが確認された。従って、A, B, Cパラメータが上記規格に入るようウエーハを製造、更には選別して、デバイス工程で用いる事によって歩留りを向上できる。

## 請求の範囲

1. ウエーハの面内で所定の間隔をおいてウエーハの形状を測定し、この測定されたウエーハ形状より、基準線又は基準面を算出するための第5 1の領域をウエーハ面内に設定し、該第1の領域における基準線又は基準面を算出し、該第1の領域外に評価をしようとする第2の領域を設定し、該基準線又は基準面を該第2の領域まで外挿し、該第2の領域の形状と該第2の領域内における該基準線又は基準面との差を解析し、表面特性として算出することを特徴とするウエーハの形状評価方法。
- 10 2. 前記第1の領域の境界線からエッジ部までの範囲に前記第2の領域を設け、該第2領域内における任意の複数の位置での形状とこれらの位置での前記基準線又は基準面との差を解析し、この値の最大値を表面特性（ハネ）Aとして算出することを特徴とする請求項1記載のウエーハの形状評価方法。
- 15 3. 前記第1の領域の境界線からエッジ部までの範囲に前記第2の領域を設け、該第2の領域内における任意の複数の位置での形状とこれらの位置での前記基準線又は基準面との差を解析し、この値の最小値を表面特性（ダレ）Bとして算出することを特徴とする請求項1記載のウエーハの形状評価方法。
- 20 4. 上記ウエーハ面内で所定の間隔をおいて測定するウエーハ形状が、ウエーハ表面に対して垂直な方向の変位又はウエーハ厚さであることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載のウエーハの形状評価方法。
5. 前記ウエーハの中心部よりエッジ部にかけた形状プロファイルを読み込み、前記第1の領域内においてウエーハ中心部付近より該第1の領域の境界線までの前記基準線を算出することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項記載のウエーハの形状評価方法。
- 25

## 31

6. 前記ウェーハの中心部からエッジ部までの形状プロファイルをウェーハ面内の複数箇所より読み込み平均した値を用いて表面特性を解析することを特徴とする請求項 5 記載のウェーハの形状評価方法。
7. 前記ウェーハの中心部からエッジ部までの複数箇所より形状プロファイルを読み込み、それぞれの形状プロファイルから表面特性を解析し、解析した複数の表面特性からその平均値を求ることを特徴とする請求項 5 記載のウェーハの形状評価方法。
8. 前記第 1 の領域の基準面は、ウェーハ中心部よりエッジ部にかけたウェーハ面内のデータを読み込み、このデータより算出することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載のウェーハの形状評価方法。
9. ウェーハの面内で所定の間隔をおいてウェーハの形状を測定し、この測定されたウェーハ形状より、基準線又は基準面を算出するための第 1 の領域をウェーハ面内に設定し、第 1 の領域における基準線又は基準面を算出し、該第 1 の領域内で、該基準線又は基準面と実測値の差を求め、これらの差の標準偏差  $\sigma$  を表面特性（うねり） C として算出することを特徴とするウェーハの形状評価方法。
10. 上記ウェーハ面内で所定の間隔をおいて測定するウェーハ形状が、ウェーハ表面に対して垂直な方向の変位又はウェーハ厚さであることを特徴とする請求項 9 記載のウェーハの形状評価方法。
11. 前記ウェーハ中心部よりエッジ部にかけた形状プロファイルを読み込み、前記第 1 の領域内においてウェーハ中心部より該第 1 の領域の境界線までの前記基準線を算出することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載のウェーハの形状評価方法。
12. 前記ウェーハの中心部からエッジ部までの形状プロファイルをウェーハ面内の複数箇所より読み込み平均した値を用いて表面特性を解析することを特徴とする請求項 11 記載のウェーハの形状評価方法。

13. 前記ウェーハの中心部からエッジ部までの複数箇所より形状プロファイルを読み込み、それぞれの形状プロファイルから表面特性を解析し、解析した複数の表面特性からその平均値を求める特徴とする請求項11記載のウェーハの形状評価方法。
- 5 14. 前記第1の領域の基準面は、ウェーハ中心部よりエッジ部にかけたウェーハ面内のデータを読み込み、このデータより算出することを特徴とする請求項9文は10記載のウェーハの形状評価方法。
15. 前記所定の測定間隔は、1mm間隔以内である特徴とする請求項1～14のいずれか1項記載のウェーハの形状評価方法。
- 10 16. ウェーハの面内で所定の間隔においてウェーハの形状を測定する形状測定手段と、該形状測定手段により測定された形状データを順次入力保存する記憶手段と、該記憶手段よりウェーハの中心部よりエッジ部にかけた形状データを読み込み、ウェーハ中心部より任意の領域での基準線又は基準面を計算し、次いで、該基準線又は基準面と任意の位置の差を解析し表面特性として算出する表面特性算出手段と、を備えたことを特徴とするウェーハの形状評価装置。
- 15 17. 前記形状測定手段が、試験台に載置されたウェーハ表面の該試験台表面に対して垂直な方向の変位をウェーハ面内で測定する変位測定手段であり、前記形状データが変位データである特徴とする請求項16記載のウェーハの形状評価装置。
- 20 18. 前記形状測定手段が、ウェーハ保持具に保持されたウェーハの厚さを、ウェーハ面内で測定する厚さ測定手段であり、前記形状データが厚さデータである特徴とする請求項16記載のウェーハの形状評価装置。
- 25 19. ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成するにあたり、請求項2、4～8及び15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、

前記表面特性（ハネ）Aが150nm以下のウェーハを用いデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

20. ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成するにあたり、更に請求項3～8及び15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、  
5 前記表面特性（ダレ）Bが-300nm以下のウェーハを用いデバイスを製造することを特徴とする請求項19記載のデバイスの製造方法。
21. ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成するにあたり、更に請求項9～15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、前記表面特性（うねり）Cが20nm以下のウェーハを用いデバイスを製造す  
10 ることを特徴とする請求項19又は20記載のデバイスの製造方法。
22. 請求項2～8及び15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、前記表面特性（ハネ）Aが150nm以下、前記表面特性（ダ  
レ）Bが-300nm以下であることを特徴とするウェーハ。
23. 前記表面特性（ハネ）Aが-20nm～150nm、前記表面特  
15 性（ダレ）Bが-300nm～-900nmであることを特徴とする請求項22記載のウェーハ。
24. 更に請求項9～15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、前記表面特性（うねり）Cが20nm以下であることを特徴とする請求項22又は23記載のウェーハ。
- 20 25. ウェーハ上に露光機を用いデバイスを形成する為のウェーハを選別する方法であって、請求項2、4～8及び15のいずれか1項に記載した評価方法で評価した時、前記表面特性（ハネ）Aが150nm以下のウェーハを選択することを特徴とするウェーハの選別方法。
26. 更に請求項3～8及び15のいずれか1項に記載した評価方法で  
25 評価した時、前記表面特性（ダレ）Bが-300nm以下のウェーハを選択することを特徴とする請求項25記載のウェーハの選別方法。

27. 更に請求項 9～15 に記載した評価方法で評価した時、前記表面特性（うねり）C が 20 nm 以下のウェーハを選択することを特徴とする請求項 25 又は 26 記載のウェーハの選別方法。

図 1

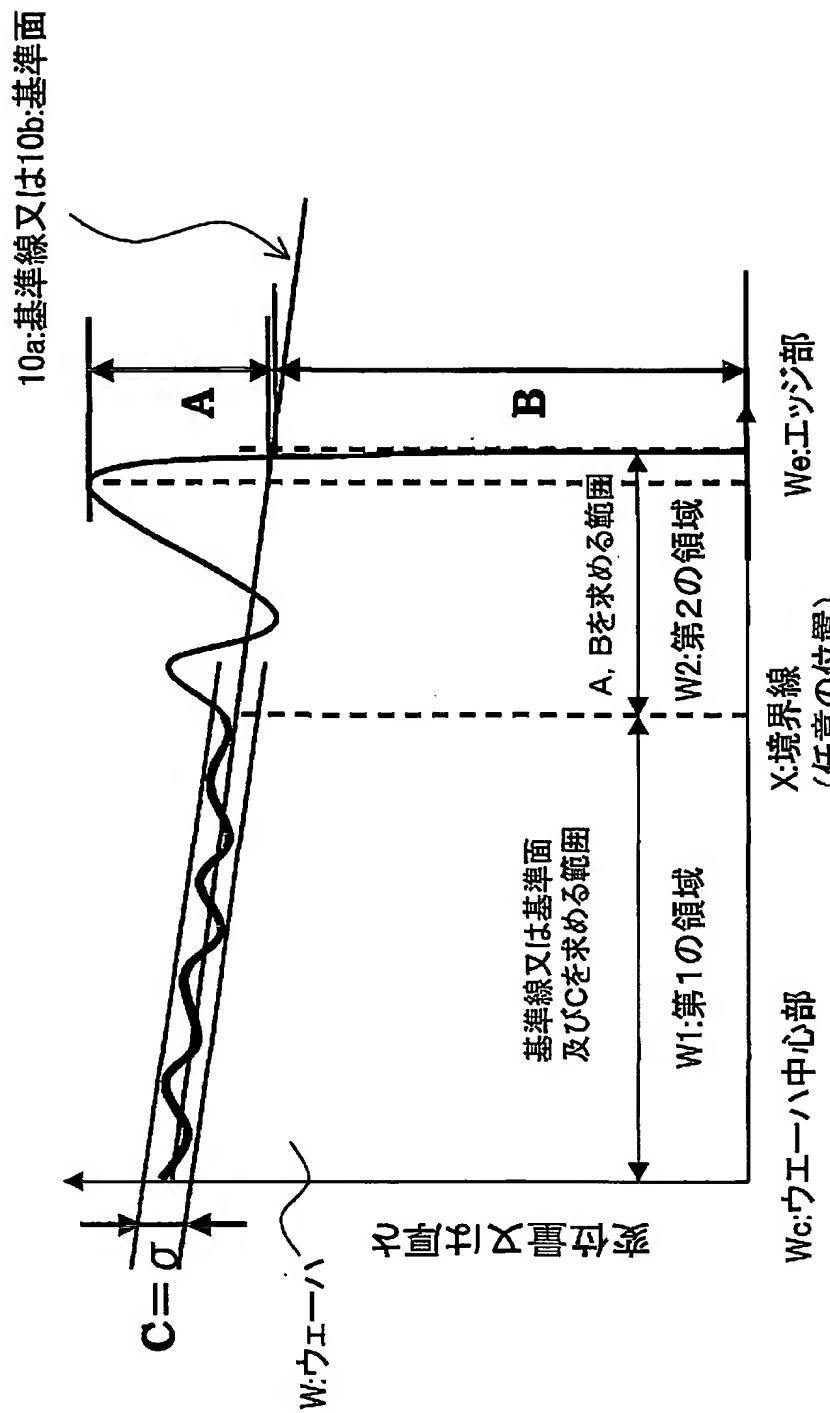


図 2

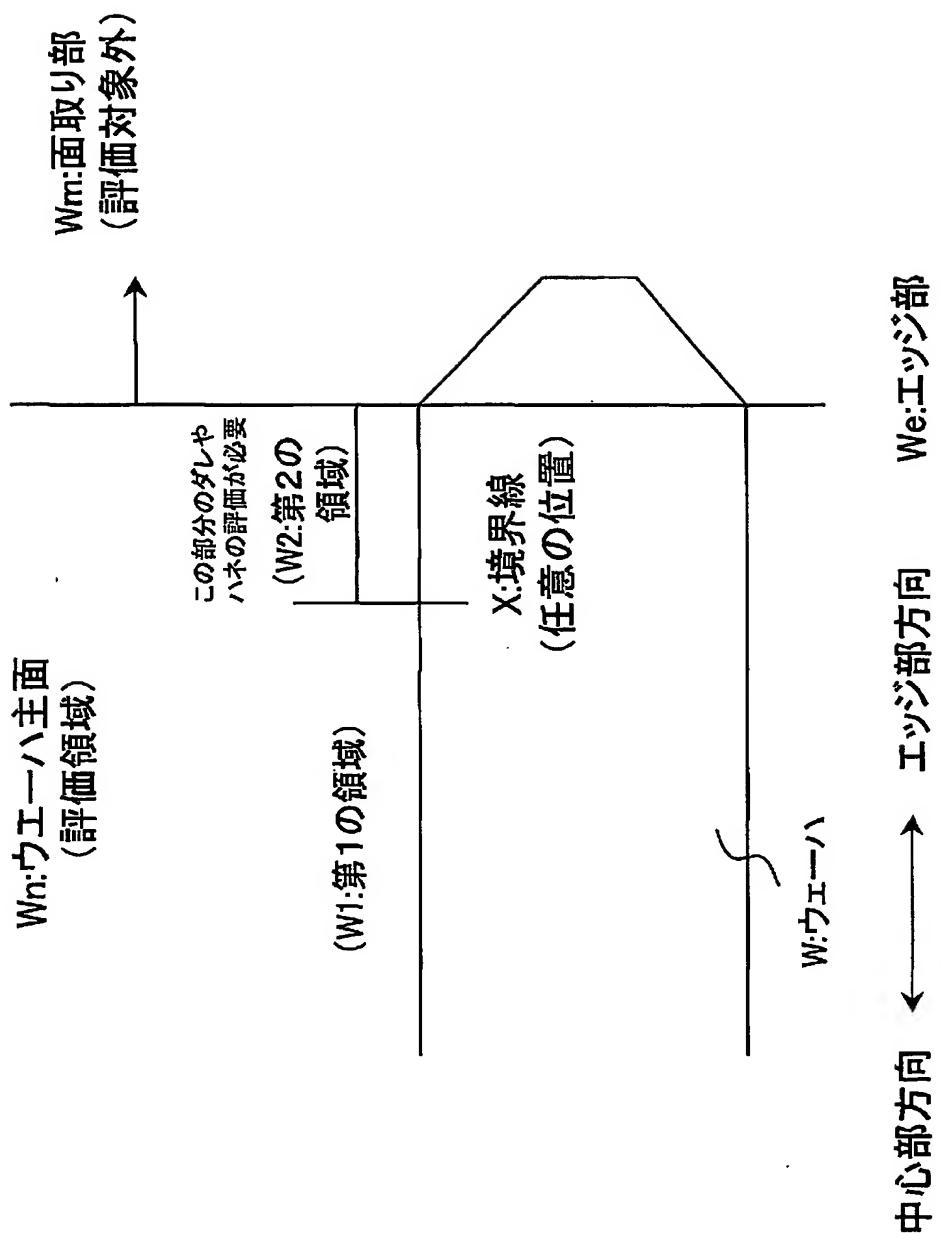


図 3

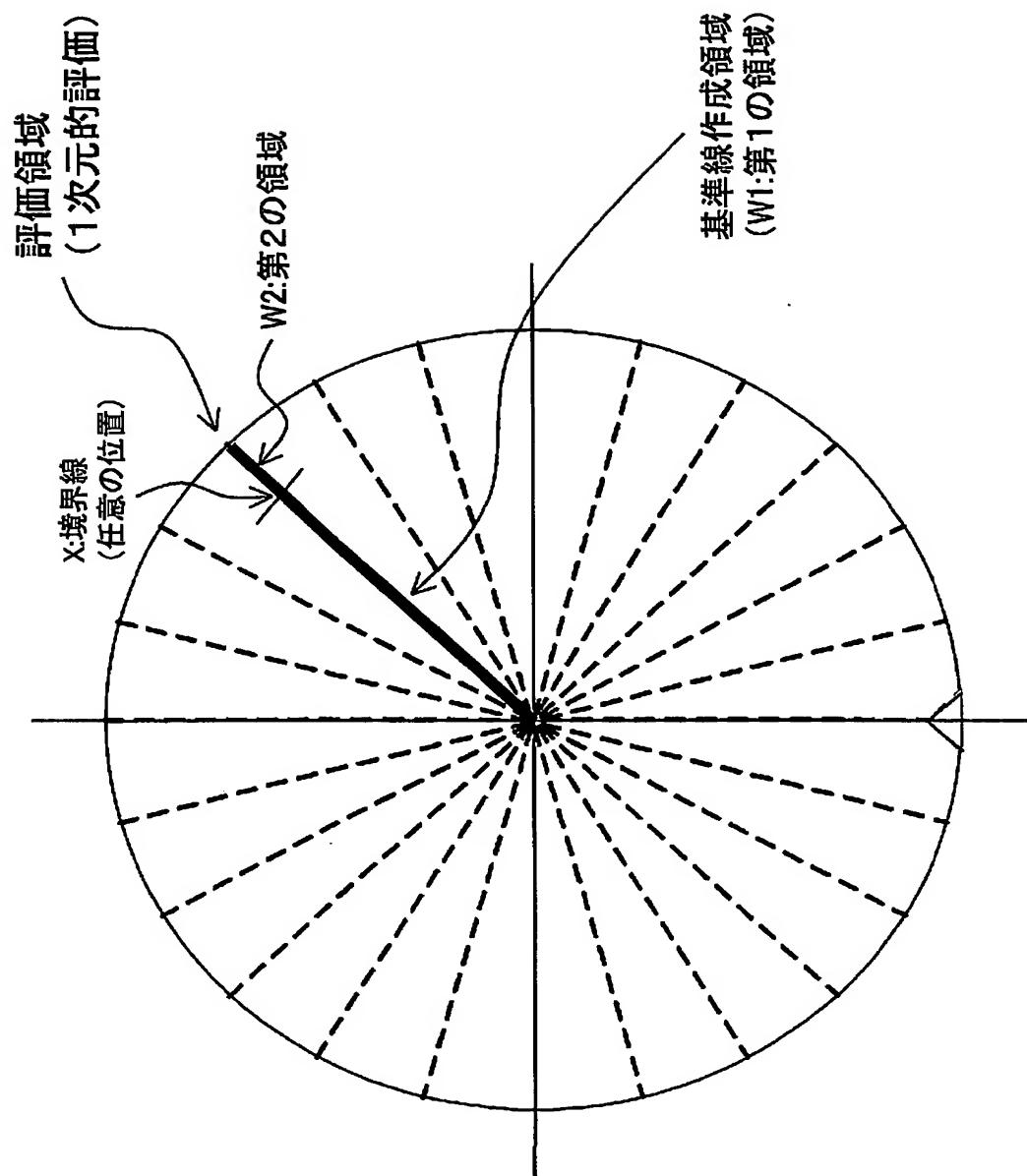


図 4

評価領域(2次元的評価: ウエーハ面を4分割し評価した例)

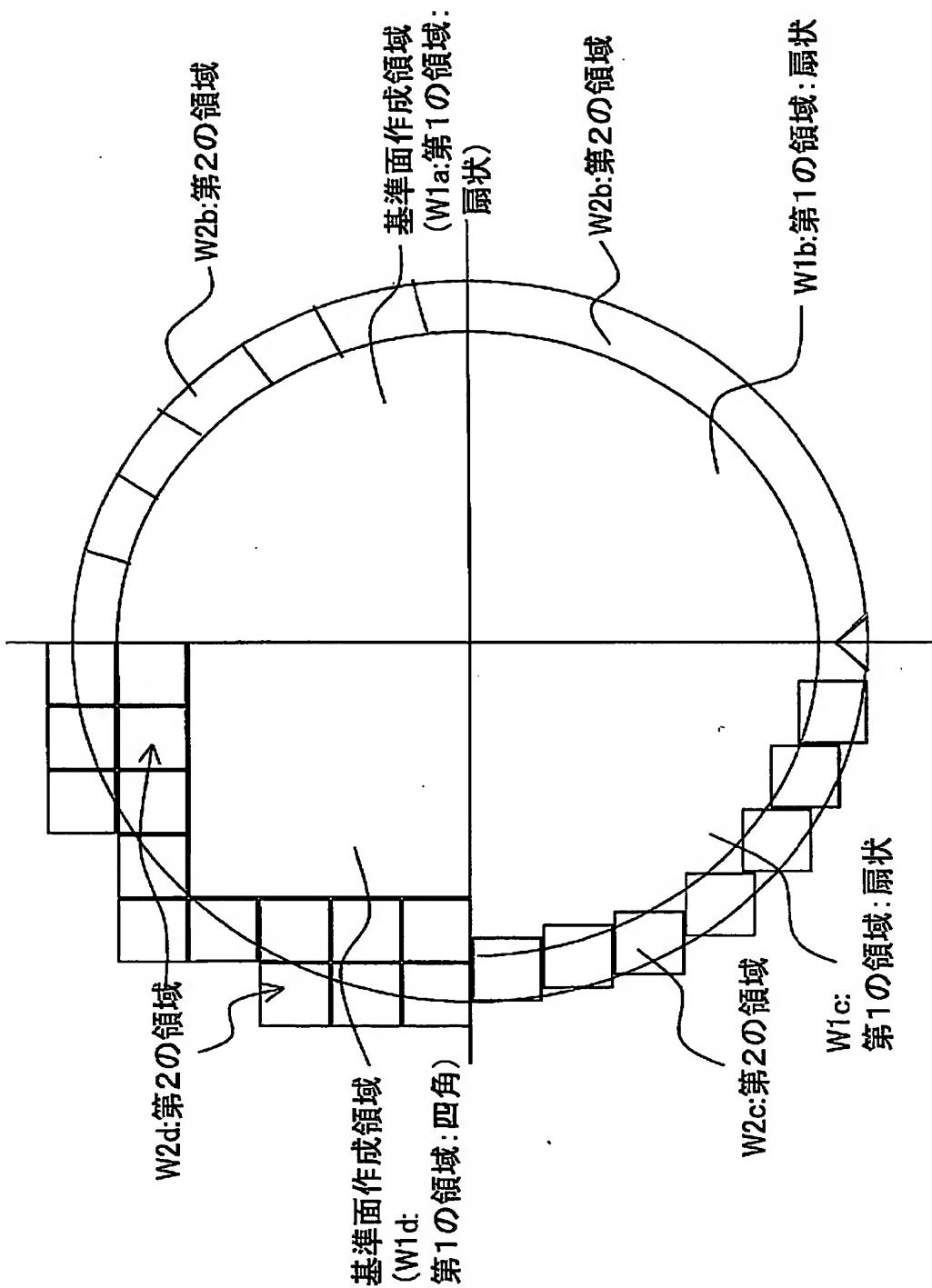


図 5

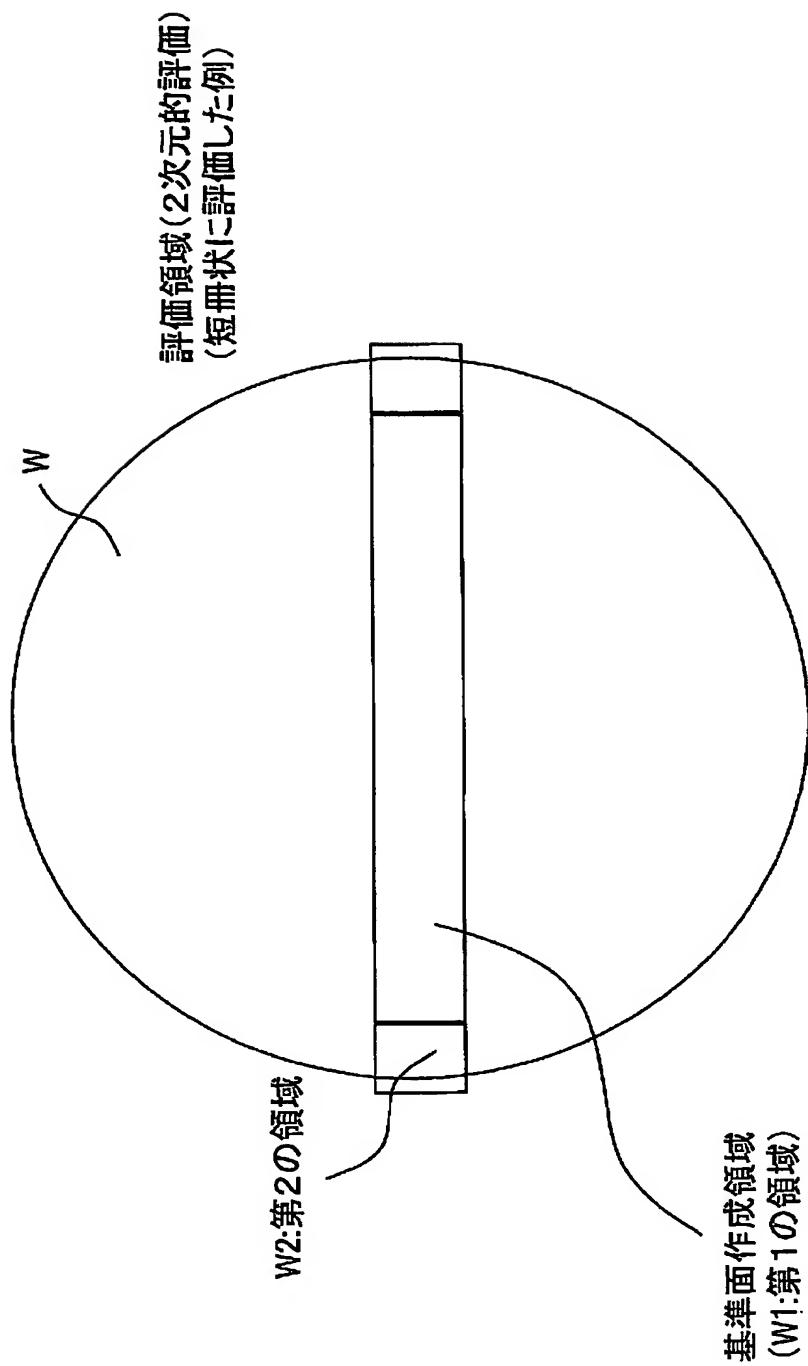


図 6

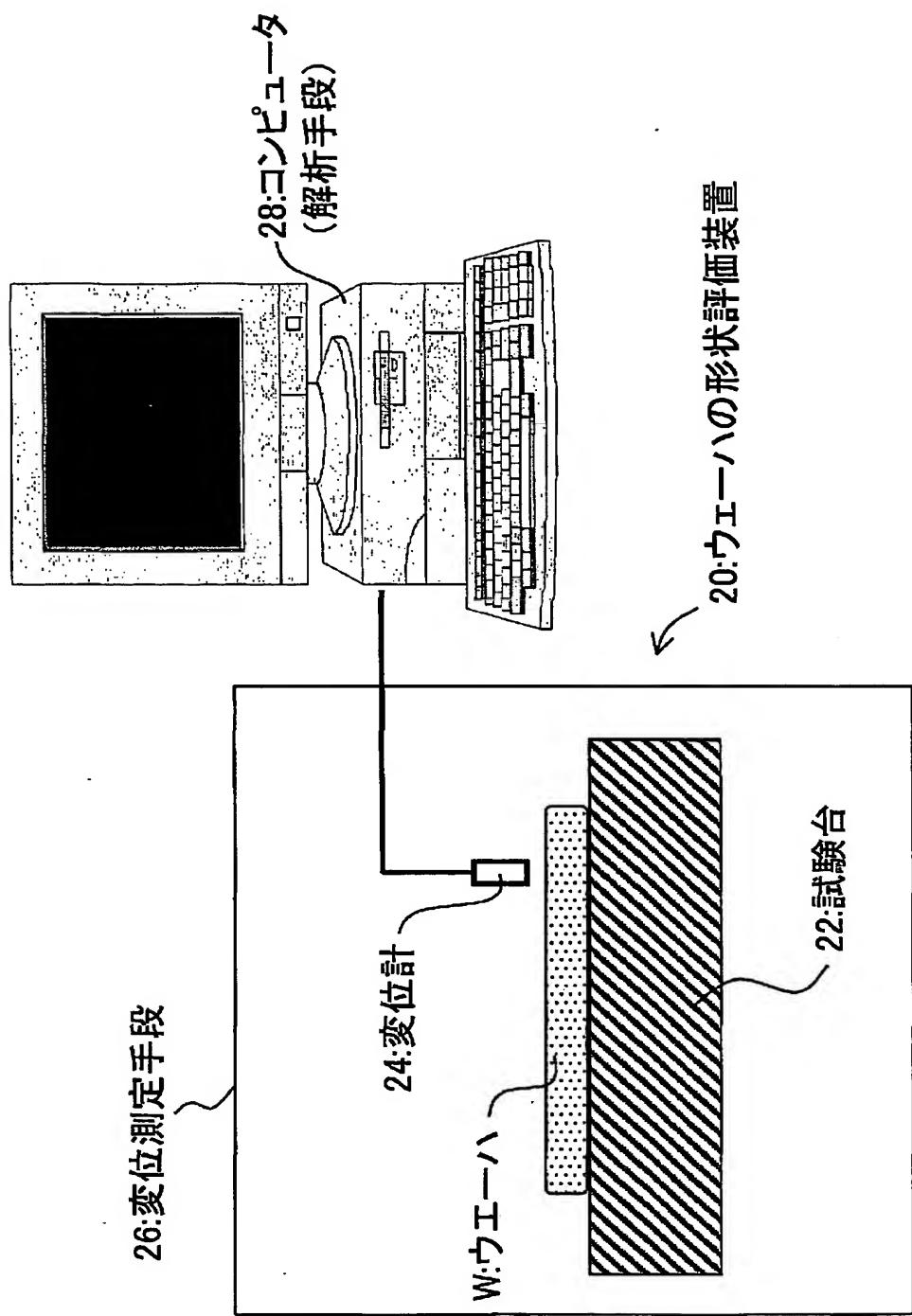
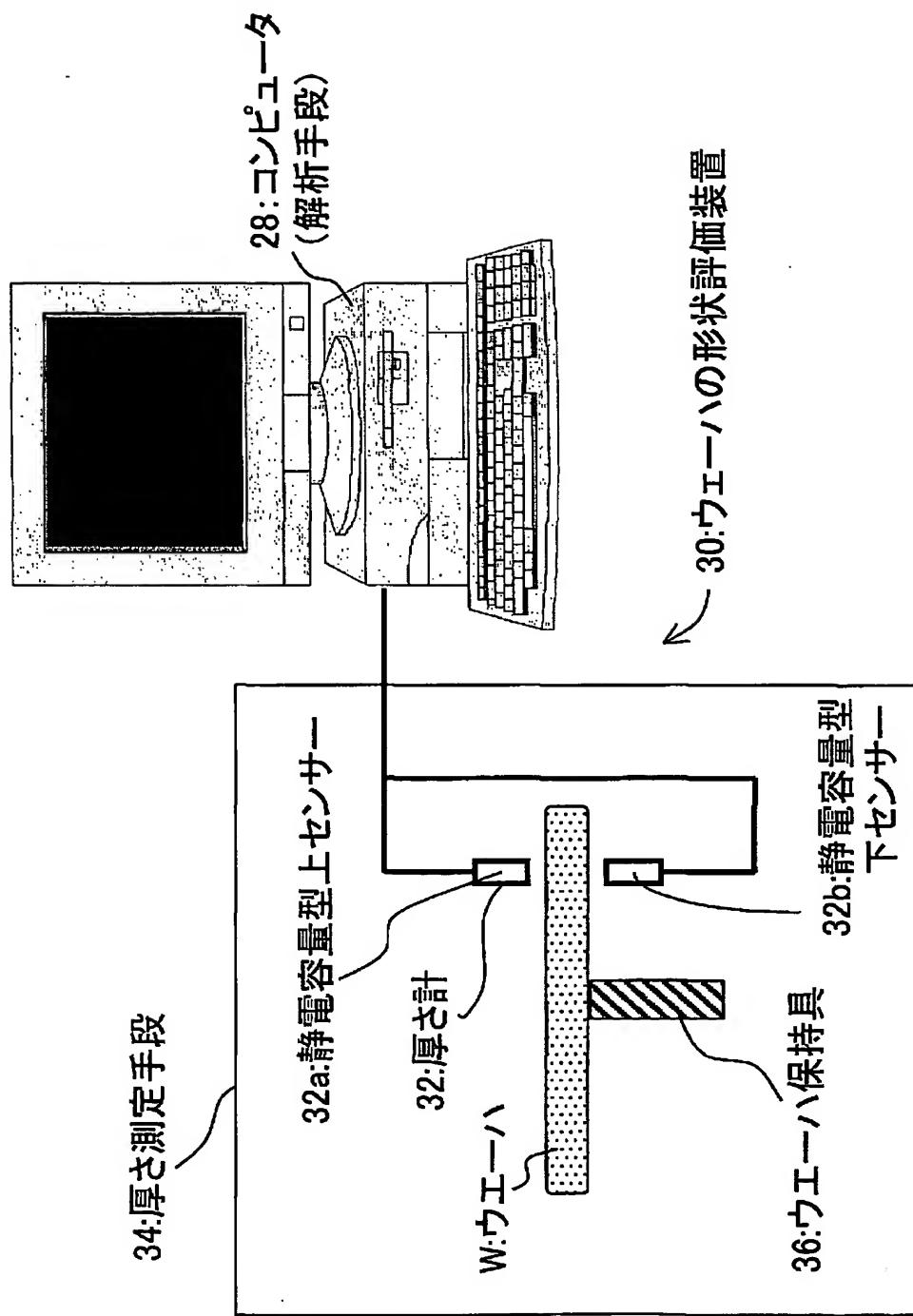
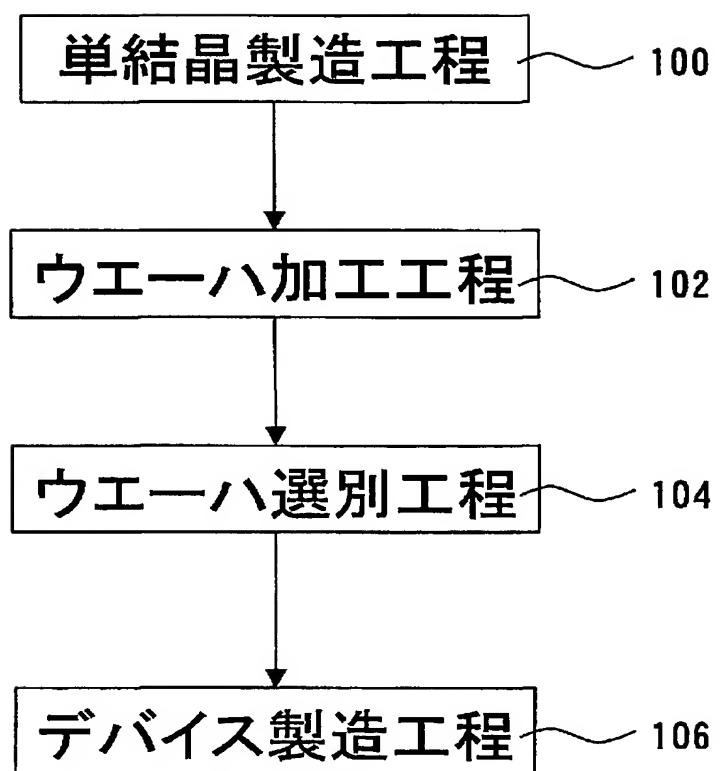


図 7



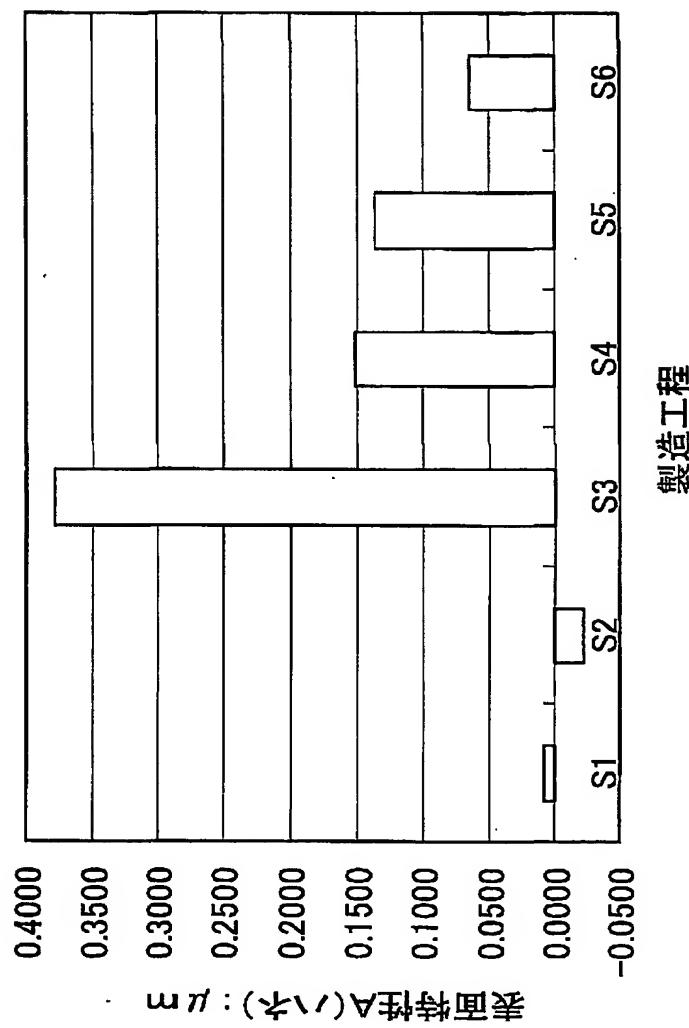
8 / 9

図 8



9 / 9

图 9



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09981

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L 21/304, H01L 21/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L 21/304, H01L 21/66, G01B 11/24, G01B 21/20Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-287630 A (Shin Etsu Handotai Co., Ltd.), 19 October, 1999 (19.10.1999), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-8, 16-18, 19-27
Y	JP 2000-146569 A (Showa Denko K.K.), 26 May, 2000 (26.05.2000), Par. Nos. [0015] to [0017], [0024] to [0028], Figs. 4, 6 (Family: none)	1-8, 16-18, 19-27
X	JP 2000-292152 A (Kuroda Precision Ind., Ltd.), 20 October, 2000 (20.10.2000), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	9-11, 14
Y		12, 13, 15-18
A	US 5420796 A (VLSI Technology, Inc.), 30 May, 1995 (30.05.1995), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1, 16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier document but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 February, 2002 (12.02.02)Date of mailing of the international search report  
19 February, 2002 (19.02.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/09981

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5835225 A (Micron Technology, Inc.), 10 November, 1998 (10.11.1998), Full text; Figs. 1 to 7 & US 5618461 A & US 5783804 A	1,16
A	JP 11-351857 A (Kuroda Precision Ind., Ltd.), 24 December, 1999 (24.12.1999), Full text; Figs. 1 to 17 (Family: none)	16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. C1' H01L 21/304, H01L 21/66

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. C1' H01L 21/304, H01L 21/66,  
G01B 11/24, G01B 21/20

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-287630 A (信越半導体株式会社) 1999. 10. 19, 全文, 第1図-第5図 (ファミリーなし)	1-8, 16-18, 19-27
Y	JP 2000-146569 A (昭和電工株式会社) 2000. 05. 26, 段落番号【0015】-【0017】, 【0024】-【0028】，第4図, 第6図 (ファミリーなし)	1-8, 16-18, 19-27

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 02. 02

国際調査報告の発送日

19.02.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

渡邊 盛英

3 P 8923

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/09981

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
X	JP 2000-292152 A (黒田精工株式会社) 2000. 10. 20, 全文, 第1図-第9図 (ファミリーなし)	9-11, 14 12, 13, 15-18
Y		
A	US 5420796 A (VLSI Technology, Inc.) 1995. 05. 30, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1, 16
A	US 5835225 A (Micron Technology, Inc.) 1998. 11. 10, 全文, 第1-7図 & US 5618461 A & US 5783804 A	1, 16
A	JP 11-351857 A (黒田精工株式会社) 1999. 12. 24, 全文, 第1-17図 (ファミリーなし)	16